

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-106682

(43)Date of publication of application : 21.04.1995

(51)Int.Cl.

H01S 3/109

G02F 1/37

H01S 3/094

(21)Application number : 05-246538

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD

(22)Date of filing : 01.10.1993

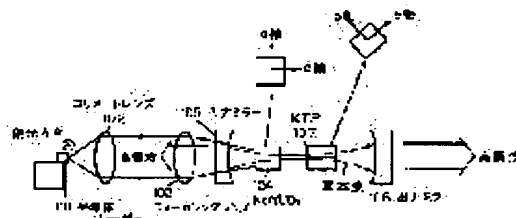
(72)Inventor : KITAOKA YASUO
YAMAMOTO KAZUHISA

(54) SHORT WAVELENGTH LIGHT SOURCE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a single polarization harmonic light stably from a semiconductor laser pumped inner resonator solid state laser.

CONSTITUTION: A laser material 104 is pumped by means of a semiconductor laser 101 and basic wave oscillation takes place between an input mirror 105 and an output mirror 106. Since the basic wave in a resonator is a standing wave, the light subjected to wavelength conversion through a nonlinear crystal 107 advances in the opposite directions. When each optical component is subjected, on the end face thereof, to nonreflection coating for higher harmonics, a single polarization harmonic light can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

08.06.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3296048

[Date of registration]

12.04.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-106682

(43) 公開日 平成7年(1995)4月21日

(51) Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/109				
G 0 2 F 1/37		9316-2K		
H 0 1 S 3/094			H 0 1 S 3/ 094	S

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平5-246538

(22) 出願日 平成5年(1993)10月1日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 北岡 康夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 山本 和久

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

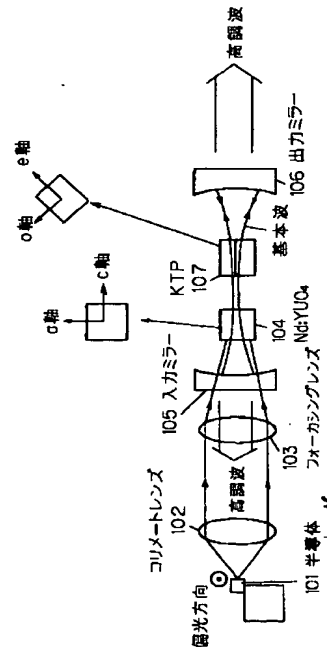
(74) 代理人 弁理士 小鍛冶 明 (外2名)

(54) 【発明の名称】 短波長光源

(57) 【要約】

【目的】 半導体レーザー励起内部共振器型固体レーザーに於て、単一偏光の高調波光を安定に得る。

【構成】 半導体レーザー101によりレーザー材料104は励起され、入力ミラー105と出力ミラー106の間で基本波は発振する。共振器内部の基本波は定在波であるので、非線形結晶107により波長変換された光は、両方向に出射される。そこで各光学部品の端面に高調波に対して無反射コーティングをすることで、単一偏光の高調波光が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】励起用半導体レーザーと、レーザー材料を含む共振器内部に非線形光学材料が置かれた内部共振器型短波長光源において、前記レーザー材料の両端面及び前記非線形光学結晶の両端面上に前記非線形光学結晶によって波長変換され得られる高調波光に対する無反射コーティングが施されていることを特徴とする短波長光源。

【請求項2】励起用半導体レーザーと、レーザー材料を含む共振器内部に非線形光学材料が置かれた内部共振器型短波長光源において、前記レーザー材料が前記半導体レーザーと前記非線形光学材料の間に位置し、前記レーザー材料の前記非線形光学材料側の端面に、前記非線形光学材料により波長変換された高調波光に対して、高反射率のコーティングが施されていることを特徴とする短波長光源。

【請求項3】励起用半導体レーザーと、レーザー材料を含む共振器内部に非線形光学材料が置かれた内部共振器型短波長光源において、前記レーザー材料が前記半導体レーザーと前記非線形光学材料の間に位置し、前記非線形光学材料の前記レーザー材料側の端面に、前記非線形光学材料により波長変換された高調波光に対して、高反射率のコーティングが施されていることを特徴とする短波長光源。

【請求項4】励起用半導体レーザーと、レーザー材料を含む共振器内部に非線形光学材料が置かれた内部共振器型短波長光源において、前記レーザー材料が前記半導体レーザーと前記非線形光学材料の間に位置し、前記レーザー材料の厚みが前記非線形光学結晶により波長変換された高調波光に対して入板または入/2板として作用するように制御されていることを特徴とする短波長光源。

【請求項5】励起用半導体レーザーと、レーザー材料を含む共振器内部に非線形光学材料が置かれた内部共振器型短波長光源において、前記レーザー材料が前記半導体レーザーと前記非線形光学材料の間に位置し、前記非線形光学結晶によって波長変換され得られる高調波光の中で、前記励起用半導体レーザー方向に出射される高調波光を前記半導体レーザーと前記レーザー材料の間に設置されたダイクロイックミラーで取り出し、出力変動をモニターできることを特徴とする短波長光源。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光情報処理分野、あるいは光応用計測制御分野に使用する短波長光源に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザーを固体レーザーの励起光源として用い近赤外光を得たり、非線形結晶を用いた高効率波長変換によりグリーン、ブルー光源を得ることが、光情報処理分野や光応用計測制御分野等で要求され

ている。特に光ディスクの高密度記録や画像処理等には短波長の光源が要求されている。ここで得られる出力光は横モードがガウシアンで回折限界近くまで集光でき、縦モードが単一であり、さらに出力が数mW程度で周波数的にも時間的にも安定であることが必要である。

【0003】半導体レーザーを励起光源として、安定な近赤外光や短波長光源を得るには、半導体レーザー励起固体レーザーや共振器内部に波長変換素子を挿入して高調波を得る内部共振器型の固体レーザーが有力である。

【0004】図9に、半導体レーザー励起固体レーザーの内部共振器型短波長光源の概略構成図を示す。半導体レーザー901から放射された光は、コリメートレンズ902により平行ビームに変換され、フォーカシングレンズ903によりレーザー材料（例えばNd:YVO₄）904に集光される。レーザー材料904の入射側端面には半導体レーザーの波長(809nm)に対し無反射(AR)コート、発振波長(1.064μm)及び高調波の波長(532nm)に対し高反射(HR)コートが施してある。反対側の端面には1.064μm及び532nmに対しARコートが施してある。出力ミラー905には波長1.064μmに対し反射率99.7%のコーティングが施してあり、出力ミラー905とレーザー材料904の入射側端面で基本波1.064μmの共振器を構成する。基本波1.064μmの光は非線形光学結晶KTP(KTiOPO₄)906により532nmのグリーン光に波長変換される。ここで用いられる共振器は定在波型の共振器のため得られるグリーン光は、レーザー結晶904と出力ミラー905の両方向に出射される。

【0005】従来の共振器構造では、レーザー材料904の入射端面には532nmに対しHRコート、出力ミラー905にはARコートが施されていた。そのため得られるグリーン光は、約2倍の出力が得られていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】半導体レーザー励起内部共振器型固体レーザーによるグリーン光発生において、共振器が定在波型のため得られる高調波光が共振器の両方向に得られる。励起側すなわち半導体レーザーの入射側のミラーまたは固体レーザーの端面に、高調波光に対して高反射率のコーティングが施されていたり、施されていなくとも幾分かの反射が存在したりすると、出力ミラー側から得られる高調波光が単一偏光で得られなくなる。

【0007】波長変換材料が複屈折結晶で有る場合、波長変換材料が位相板としても働くため、波長変換材料を通過した光は偏光方向が楕円偏光や円偏光に変換されてしまう。従来の方法では共振器の励起側からの反射光が波長変換材料により直線偏光から楕円偏光や円偏光に変換される。そのため出力ミラーから得られる高調波はもはや直線偏光ではなくなってしまう。

【0008】一方波長変換された高調波光を光ディスクや計測用の光源として用いる場合、単一偏光（直線偏

光)の光が要求される。

【0009】そこで本発明は半導体レーザー励起内部共振器型固体レーザーに於て、単一偏光の高調波光を安定に得る短波長光源を提供する。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は(1)励起用半導体レーザーと、入力ミラーとレーザー材料と出力ミラーからなる共振器内部に非線形光学材料を備えた内部共振器構造や、レーザー結晶と出力ミラーからなる共振器内部に非線形光学材料を備えた内部共振器構造とを備えた短波長光源において、入力ミラー及びレーザー材料の両端面及び出力ミラー及び非線形光学材料の両端面に非線形光学結晶によって波長変換され得られる高調波光に対する無反射コーティングを施すことにより、単一偏光(直線偏光)の高調波出力を得ようとするものである。また本発明は(2)励起用半導体レーザーと、入力ミラーとレーザー材料と出力ミラーからなる共振器内部に非線形光学材料を備えた内部共振器構造や、レーザー結晶と出力ミラーからなる共振器内部に非線形光学材料を備えた内部共振器構造とを備えた短波長光源において、レーザー材料の出力ミラー側端面及または非線形光学結晶の入力ミラー側端面に非線形光学結晶によって波長変換され得られる高調波光に対する高反射コーティングを施すことにより、単一偏光(直線偏光)の高調波出力を得ようとするものである。さらに本発明は(3)励起用半導体レーザーと、入力ミラーとレーザー材料と出力ミラーからなる共振器内部に非線形光学材料を備えた内部共振器構造またはレーザー結晶と出力ミラーからなる共振器内部に非線形光学材料を備えた内部共振器構造と、半導体レーザーから光をレーザー材料に導くための結合光学系とを備えた短波長光源において、共振器の励起光源側から出射する光を有効利用するため、励起用半導体レーザーと入力ミラーの間に設置されたダイクロイックにより光を分岐し、その高調波光を出力モニターとして利用し、安定な高調波出力を得ようとするものである。

【0011】

【作用】本発明は、半導体レーザー励起内部共振器型固体レーザーにおいて、波長変換により得られた高調波光がLD入射側ミラーやNd:YVO₄の端面で反射せず、出力ミラー方向から出射する光を単一偏光(直線偏光)で得ることが可能となった。

【0012】

【実施例】図1に本発明のレーザー装置の概略構成図を示す。

【0013】半導体レーザー101から放射された光は、コリメートレンズ102により平行ビームに変換され、フォーカシングレンズ103によりレーザー材料(例えばNd:YVO₄)104に集光される。レーザー材料Nd:YVO₄104の両端面には基本波1.064μmと高調波532nmに対して無反射(AR)コートが施してある。入力ミラー

105には半導体レーザーの波長(809nm)及び高調波(532nm)に対しARコート、発振波長(1.064μm)に対し高反射(HR)コートが、また出力ミラー106には高調波(532nm)に対しARコート、発振波長(1.064μm)に対しHRコートが施されている。入力ミラー105及び出力ミラー106の間で基本波は共振し、非線形光学結晶KTiOPO₄(KTP)107で基本波は波長変換される。非線形光学結晶107の両端面にも基本波1.064μmと高調波532nmに対して無反射ARコートが施してある。

【0014】ここで、半導体レーザー101はレーザー結晶104のc軸方向に偏光方向を持って励起し、基本波1.064μmは共振器内で定在波として存在するため波長変換された高調波光はKTP107の両方向に得られる。この両方向に得られる光は直線偏光(単一偏光)で、KTP結晶107のe方向(異常屈折率方向)の偏光成分をもって得られる。しかしながら、レーザー結晶Nd:YVO₄104は1軸性結晶で異方性を持っていて、またKTP結晶107の主軸とは45度の角度をもって置かれている。そのため波長変換された高調波光は、Nd:YVO₄104を通過すると円偏光や楕円偏光に変換されてしまう。Nd:YVO₄104を通過した光がNd:YVO₄104の端面や入力ミラー105において反射すると、入力ミラー105において反射した光はKTP結晶107を通過して出力ミラー106に導かれる。KTP結晶107も複屈折性を持った2軸結晶であるため、結果として出力ミラー106方向から得られる高調波光は直線偏光でなくなる。

【0015】本発明のように各光学部品の各端面に、高調波の波長532nmに対しARコートが施してあると、得られるグリーン光はKTPで波長変換された光の内、出力ミラー方向に変換された光だけなので、偏光方向は直線偏光に保たれる。励起光、基本波及び高調波の様子を図3に示す。

【0016】図2は、入力ミラーがNd:YVO₄のLD入射側端面に形成されたLD励起内部共振器型固体レーザーの概略構成図である。

【0017】半導体レーザー201から放射された光は、コリメートレンズ202により平行ビームに変換され、フォーカシングレンズ203によりレーザー材料(例えばNd:YVO₄)204に集光される。レーザー材料204の入射端面には、半導体レーザーの波長(809nm)及び高調波(532nm)に対しARコート、基本波1.064μmに対しHRコートが、また反対の端面には基本波1.064μmと高調波532nmに対してARコートが施してある。出力ミラー205には高調波(532nm)に対しARコート、発振波長(1.064μm)に対しHRコートが施されている。レーザー材料Nd:YVO₄204のLD入射端面と出力ミラー205の間で基本波は共振し、非線形光学結晶KTiOPO₄(KTP)206で基本波は波長変換される。非線形光学結晶206の両端面にも基本波1.064μmと高調波532nmに対して無

反射 (AR) コートが施してある。

【0018】概略構成図 1 と同様に、基本波は共振器内で定在波として存在するため波長変換された高調波光は KTP 206 の両方向に得られる。この両方向に得られる光は直線偏光 (単一偏光) であるが、Nd:YVO₄ 204 を通過すると円偏光や楕円偏光に変換されてしまう。Nd:YVO₄ 204 を通過した光が Nd:YVO₄ 204 の LD 入射側端面で反射すると、光は KTP 結晶 206 を通過して出力ミラー 205 に導かれる。KTP 結晶 206 も複屈折性を持った 2 軸結晶であるため、結果として出力ミラー 205 方向から得られる高調波光は直線偏光でなくなる。

【0019】本発明のように各光学部品の各端面に、高調波の波長 532nm に対し AR コートが施してあると、出力ミラーから得られるグリーン光は KTP で波長変換された光の内、出力ミラー方向に変換された光だけなので、偏光方向は直線偏光に保たれる。励起光、基本波及び高調波の様子を図 4 に示す。

【0020】さらに本発明のように、KTP の端面または Nd:YVO₄ の端面に HR コートを施し、非線形結晶により波長変換された高調波光がレーザー結晶 Nd:YVO₄ を通過せずに反射させ、出力ミラーより取り出しても、高調波光を直線偏光に保持する事が出来る。概略構成図 5、6 を用いて、説明する。

【0021】概略構成図 1 において、各光学素子の端面に高調波光に対して AR コートを施して、レーザー材料を通過し、直線偏光でない高調波光が出力ミラー方向に反射してこないように構成した。概略構成図 5 では、非線形光学結晶 KTP 503 の LD 側端面に高調波 532nm に対して HR コートを施してあり、概略構成図 6 では、レーザー材料 Nd:YVO₄ 602 の出力ミラー側端面に HR コートが施してある。そのため、KTP 結晶の e 方向に偏光方向を持つ高調波光は、KTP または Nd:YVO₄ の各端面で反射し、偏光方向が保たれたまま再び KTP 結晶の e 方向の偏光成分で透過し、出力ミラー 504 または 604 より直線偏光 (単一偏光) として取り出すことが出来る。

【0022】概略構成図 1、2 において、レーザー材料 104 の厚みが、高調波光に対して $\lambda/2$ 板の位相板または単に入板として作用する厚さであっても出力ミラー 106 または 205 から出射される高調波の偏向は直線偏向に (単一偏向) に保たれる。レーザー結晶 104 が入板または $\lambda/2$ 板として作用する場合、KTP 結晶の e 方向偏光として得られた高調波光は Nd:YVO₄ を往復すると、再び e 方向の直線偏光となるため、出力ミラーより得られる高調波光は直線偏光となる。そのため、レーザー材料端面の反射を考慮する必要もなく、安定に直線偏光の高調波を得ることが出来る。

【0023】また、概略構成図 1、2 において、各光学部品は KTP 結晶により波長変換された光に対して AR コ

ートがなされているので、高調波は入力ミラーや Nd:YVO₄ から半導体レーザーに戻る。本発明はこの光を無駄なく、出力や縦モード等の高調波をモニタするために利用することで、安定な高調波出力を得ることが可能となる。

【0024】その概略構成図を図 7、8 に示す。概略構成図 7 において入力ミラー 105 から出射される高調波はフォーカシングレンズ 103 を通ってダイクロイックミラー 108 により分岐される。ダイクロイックミラー 108 には、励起光に対して AR コート、高調波に対して HR コートが施してある。分岐された光はモニタ 109 に導かれる。ここでは、モニタ 109 には、パワーメータを設置し、高調波の出力が一定になるように半導体レーザー 101 の電源にフィードバックされ、出力安定化がなされた。なお、モニタ 109 は、光スペクトルアナライザのような縦モードを観測するものでもよい。同様に、概略構成図 8 においても、Nd:YVO₄ 204 から出射された高調波はダイクロイックミラー 207 により分岐されモニタ 208 に導かれる。ここで用いられたモニタ 208 も概略構成図 7 で用いられたものと同じである。概略構成図 7 においても、モニタとしてパワーメータを用いることで出力の安定化が図れた。

【0025】なお、本実施例において固体レーザーには Nd:YVO₄、非線形光学結晶には KTP を用いたが、レーザー材料に Nd:YAG や Nd:GGG や Nd:YLF 等の他の固体レーザー結晶を用い、非線形光学結晶に他の有機無機の非線形結晶や LiNbO₃、LiTaO₃ 等の分極反転型波長変換素子を用いても、本発明と同様の効果が得られる。また、自己高調波発生結晶である NYAB や Nd:LN などにおいても同様の効果が得られる。

【0026】

【発明の効果】半導体レーザー励起固体レーザーにおいて、内部共振器により波長変換された高調波に対して、各光学部品の表面に AR コートを施すことで、出力ミラーより得られる高調波の偏光方向が直線偏光 (単一偏光) に保つことができる。

【0027】また、KTP の端面や Nd:YVO₄ の端面に HR コートを施すことで、Nd:YVO₄ による偏光方向の楕円化を防ぐことができ、出力ミラーより直線偏光の高調波をえることができる。

【0028】また、半導体レーザー方向に出射される高調波を出力モニタとして利用することで出力の安定化が図れる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の半導体レーザー励起内部共振器型固体レーザーの概略構成図

【図 2】本発明の半導体レーザー励起内部共振器型固体レーザーの概略構成図

【図 3】図 1 における、励起光、基本波及び高調波の様子を示した図

【図4】図2における、励起光、基本波及び高調波の様子を示した図

【図5】(a)は本発明の図1の構成図において、KTP結晶の端面に高反射率コートをした場合の、励起光、基本波及び高調波の様子を示した図

(b)は本発明の図2の構成図において、KTP結晶の端面に高反射率コートをした場合の、励起光、基本波及び高調波の様子を示した図

【図6】(a)は本発明の図1の構成図において、Nd:YVO₄の端面に高反射率コートをした場合の、励起光、基本波及び高調波の様子を示した図

(b)は本発明の図2の構成図において、Nd:YVO₄の端面に高反射率コートをした場合の、励起光、基本波及び高調波の様子を示した図

【図7】本発明の半導体レーザー励起内部共振器型固体レーザーの概略構成図

【図8】本発明の半導体レーザー励起内部共振器型固体レーザーの概略構成図

【図9】従来の半導体レーザー励起固体レーザーの内部共振器型短波長光源の概略構成図

【符号の説明】

101 半導体レーザー

102 コリメートレンズ

103 フォーカシングレンズ

104 Nd:YVO₄

105 入力ミラー

106 出力ミラー

* 107 KTP

201 半導体レーザー

202 コリメートレンズ

203 フォーカシングレンズ

204 Nd:YVO₄

205 出力ミラー

206 KTP

301 入力ミラー

302 Nd:YVO₄

10 303 KTP

304 出力ミラー

401 Nd:YVO₄

402 KTP

403 出力ミラー

501 入力ミラー

502 Nd:YVO₄

503 KTP

504 出力ミラー

601 入力ミラー

20 602 Nd:YVO₄

603 KTP

604 出力ミラー

108 ダイクロイックミラー

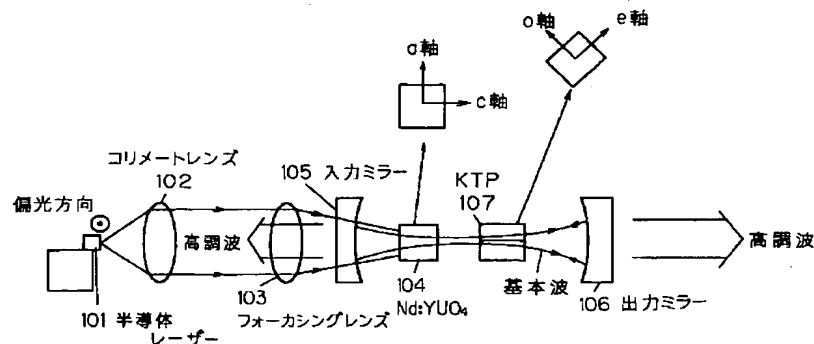
109 モニタ

207 ダイクロイックミラー

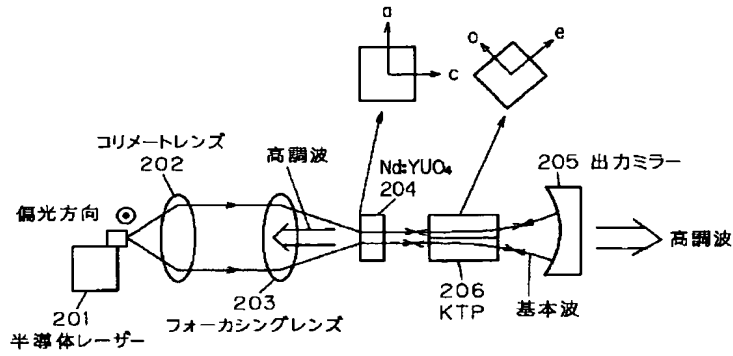
208 モニタ

*

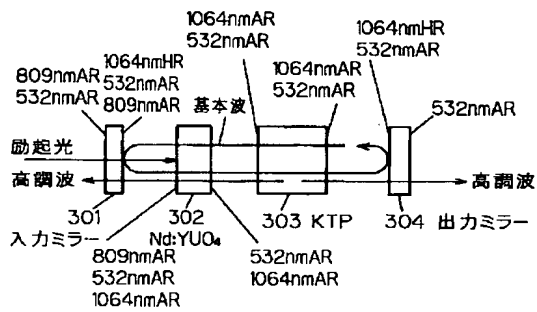
【図1】



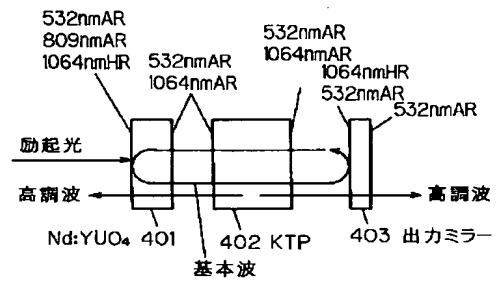
【図 2】



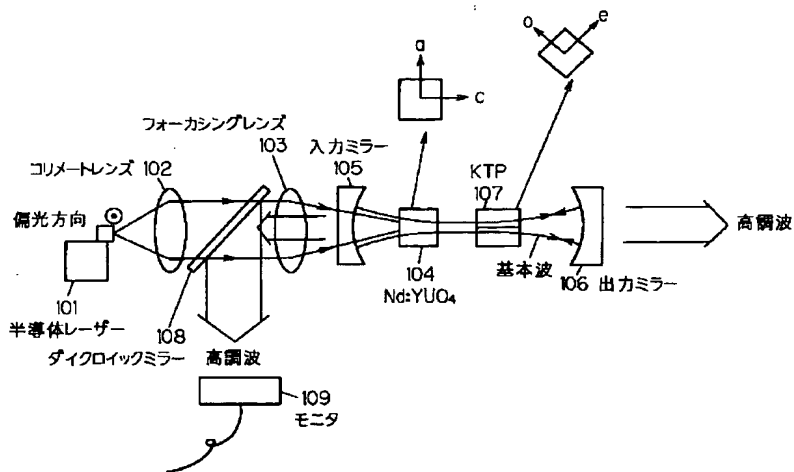
【図 3】



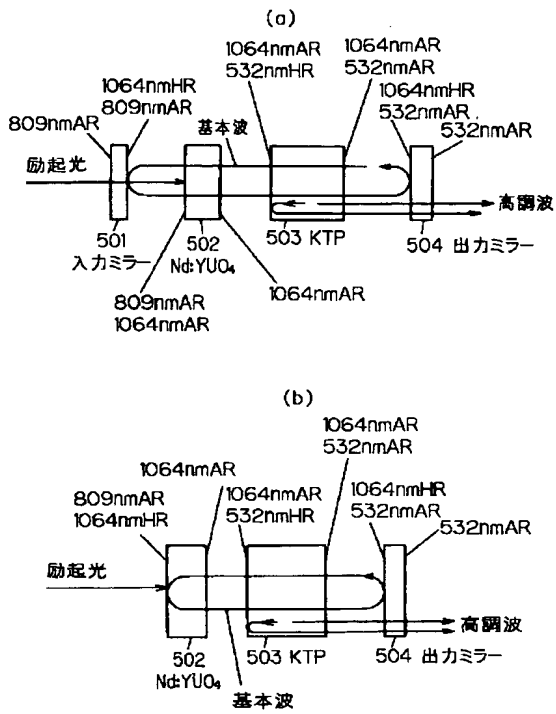
【図 4】



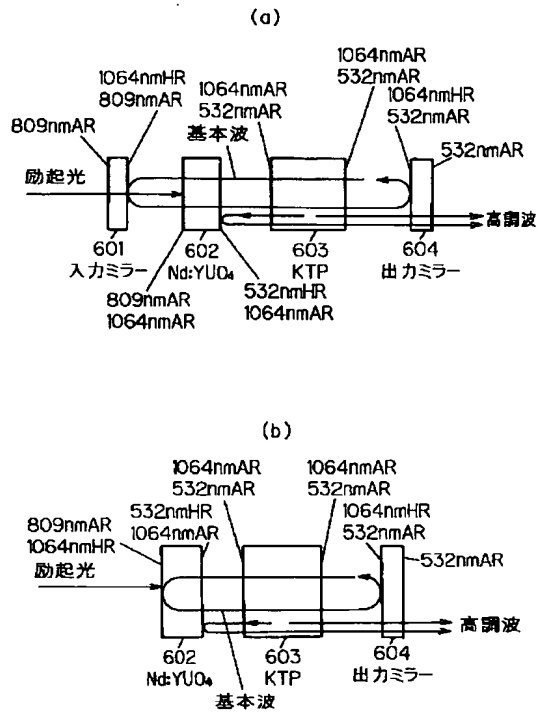
【図 7】



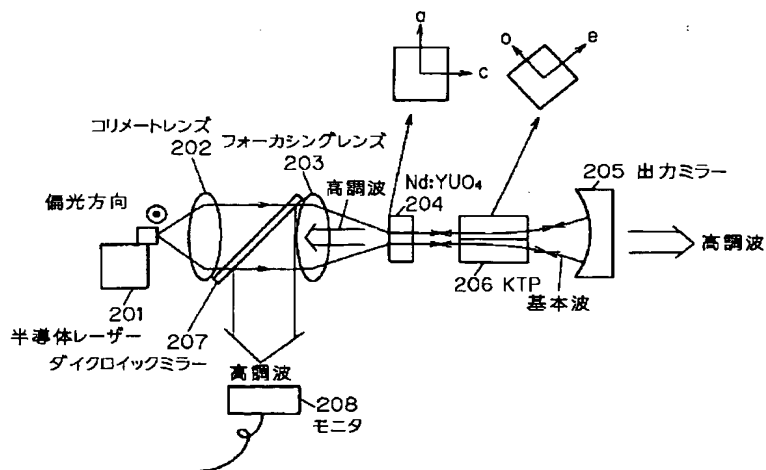
【図 5】



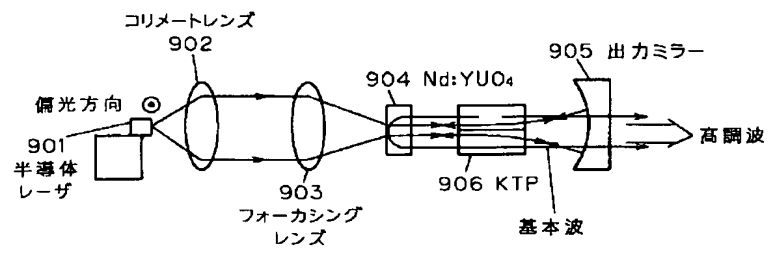
【図 6】



【図 8】



【図9】

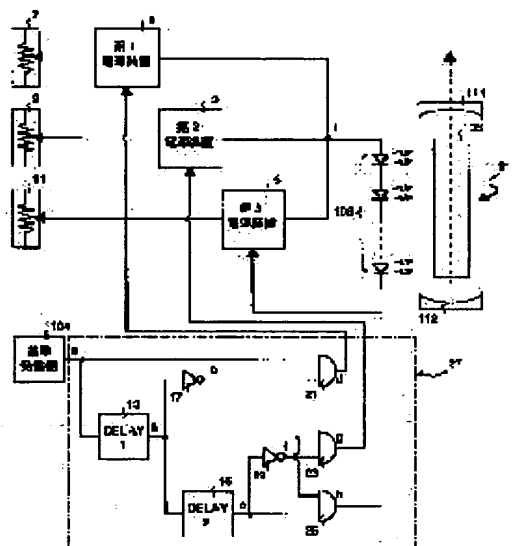


(11)Publication number : 11-135860
(43)Date of publication of application : 21.05.1999

(21)Application number : **09-301153** (71)Applicant : **MITSUBISHI ELECTRIC CORP**
(22)Date of filing : **31.10.1997** (72)Inventor : **KANEHARA YOSHIHIDE**
SATO SHINJI

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a power-supply device for pulse laser excitation, wherein there is no delay of rising for a laser output signal, the constant output is reached quickly the response of the pulse output is rapid and the efficiency is high.

SOLUTION: Following devices are provided. A first power-supply device 1 outputs the first exciting strength and is operated from the rising of the reference pulse signal outputted from a reference transmitter 104 to the rising of the first time delay signal, having the time delay for the reference pulse signal. A second power-supply device 3 outputs a second exciting signal and is operated from the rising of the first time delay signal to the rising of the 2-hour delay signal having the time delay for the first time delay signal. A third power-supply device 5 outputs the third exciting strength and is operated from the rising of the second 2-hour delay signal to the rising of the first time delay signal. The synthesized output of the first power-supply device 1, the second power-supply device 3 and the third power-supply device 5 is the laser output signal. A diode 106, which is the excitation means.



[Date of request for examination]	30.01.2001
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	14.10.2003
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	
[Date of registration]	

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office